

УДК 614.842

В.М.ЖАРТОВСЬКИЙ, д-р техн. наук, М.В.БІЛОШИЦЬКИЙ, канд. хім. наук,  
В.П.БУТ, Ю.В.ЦАПКО, канд. техн. наук, О.Г.БАРИЛО

*Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України, м.Київ*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ ДІЇ ВОГНЕЗАХИЩЕНОЇ ДЕРЕВИНИ НА КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ**

Наводяться результати досліджень корозійної дії вогнезахисних просочувальних композицій для деревини та їх компонентів на мідь, оцинковану жерсть і алюміній, а також вогнезахисної деревини на ці метали.

У рамках заходів боротьби з пожежами, що виникають внаслідок широкого використання у будівництві деревини, та їх попередження наказом Держбуду України №88 від 03.12.2002 р. затверджені і введені в дію ДБН В.1.1-7-2002 [1]. Оскільки деревина відноситься до горючих матеріалів, у ДБН вказано, що у будинках дерев'яні елементи горішних покриттів (крокви, лати) повинні оброблятися засобами вогнезахисту, що забезпечують I групу вогнезахисної ефективності згідно з ГОСТ 16363 [2]. Одним із способів зниження горючості деревини є оброблення її вогнезахисними покриттями, що наносяться на поверхні конструкцій і матеріалів, та просоченням її антипіренами. Для збільшення тривалості терміну експлуатації об'єктів запропоновано проводити вогнебіозахист деревини [3].

Для комплексного захисту деревини запропоновано до використання невелику кількість препаратів: сульфат амонію, діамонійфосфат і фтористий натрій (вогнезахисна суміш МС) або буру, карбонат амонію і борну кислоту (вогнезахисні суміші ББ, БС). До складу засобу вогнезахисту, що запропоновано в [4], входять продукти гідролізу полісахаридів і поліфосфати амонію.

Сьогодні з'явилися ефективні просочувальні композиції, зокрема композиція з антипірену (фосфати та сульфати амонію) та антисептика полімерного походження (полігексаметиленгуанідінфосфат) – ДСА-1. У випадку застосування ДСА-1 після випаровування вологи з деревини утворюється полімерна плівка, яка перешкоджає виходу антипірену із деревини на поверхню. При цьому проходить зміна механізму його висолювання. Рух водного розчину антипірену в капілярах деревини змінюється на дифузійну проникність тільки води через полімерну плівку, що призводить до зменшення швидкості висолювання.

Вогнезахисне просочування здійснюється всіма способами, які забезпечують необхідну групу вогнезахисної ефективності згідно з ГОСТ 16363 [2]. Вибір способу вогнезахисту деревини, захисного засобу проводять з урахуванням конструктивних, технологічних і техні-

ко-економічних вимог, які пред'являються до вогнезахищеної деревини, та у відповідності до умов експлуатації.

У стандарті ГОСТ 30219 [5] наведено метод визначення корозійної дії вогнезахищеної деревини на сталь марки Ст.3, а також нормовану величину корозійної дії на чорні метали, яку не повинна перевищувати вогнезахищена деревина. Корозійна дія деревини, яка захищена антипіреном (діамонійфосфат, сульфат амонію), на чорні метали складає  $(0,07-0,09) \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ . Якщо поверхню деревини, вогнезахищену антипіреном, обробити полімерним антисептиком полігексаметиленгуанідінфосфатом (вогнезахисна композиція ДСА-1), то корозійна дія такої вогнезахищеної деревини на чорні метали складає  $0,012 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ , що в 5-7 раз менше від попереднього складу. Таке зниження корозійної дії вказує на те, що неорганічні солі (діамонійфосфат, сульфат амонію) навіть при 100%-й вологості мало проникає через полімерну плівку антисептика, що призводить до зменшення корозійної дії вогнебіо захищеної деревини на чорні метали [6].

Дерев'яні, вогнезахищені елементи горищних покриттів перебувають у контакті з оцинкованою жерстю або з кольоровими металами (мідь, алюміній, магній та їх сплави), тому необхідно під час вибору вогнезахисного засобу враховувати його корозійну активність на ці метали, оскільки вогнезахищена деревина може спричиняти їх корозію, навіть коли вогнезахисний засіб не є агресивним до чорних металів [4].

Прикладом є агресивна дія на мідну покрівлю при застосування деревини вогнезахищеної засобом МС, що використовувалась при будівництві культових споруд і реставрації пам'ятників архітектури. В результаті експлуатації на поверхні вогнезахищеної деревини під дією кліматичних факторів утворились аерогелі солей, які при контакті з міддю викликали її корозію.

На сьогодні технічні вимоги щодо корозійної дії вогнезахищеної деревини на кольорові метали не регламентовано і не розроблено методи їх визначення.

Тому актуальним є проведення досліджень з визначення корозійної дії вогнезахисних засобів і препаратів, що входять до їх складу, на будівельні матеріали, а саме оцинковану жерсть, мідь, алюміній.

Метою даної роботи стало розроблення методики та проведення досліджень з корозійної дії на кольорові метали водних розчинів неорганічних солей, що входять до складу просочувальних засобів для деревини, та аерогелів цих солей, що утворюються на поверхні вогнезахищеної деревини, як існуючих, так і нових вогнезахисних композицій.

Найчастіше при проведенні систематичних досліджень для вирішення окремих практичних задач застосовують лабораторні корозійні випробування [7], під час яких прагнуть штучно відтворити реальні умови для найточнішого визначення швидкості корозії в процесі експлуатації.

Лабораторні випробування дозволяють отримати добре відтворювані порівняльні дані та за їх допомогою визначати ступінь впливу окремих факторів, а саме температури, вологості, вмісту агресивних компонентів, що входять до складу просочувального засобу, типу металу на розвиток корозійного процесу. Ідентичність цих результатів залежить від правильного вибору методу випробування та способу оцінки корозії за різними її показниками.

Для визначення характеру та вимірювання швидкості корозії під час корозійних випробувань користувались наступними методами:

- контроль зовнішнього вигляду металу (спостереження за виникненням та розвитком осередків корозії, потемненням);
- визначення втрати маси на одиницю поверхні (в разі видалення продуктів корозії з поверхні).

Під час визначення корозійної стійкості ретельно видаляють з досліджуваного зразка продукти корозії механічно або використовуючи електроліти, які розчиняють продукти корозії, але не реагують з металом.

Після закінчення випробування визначають швидкість корозії  $V_K$  (г/(м<sup>2</sup>·год) за формулою

$$V_K = \frac{m_1 - m_2}{S \cdot \tau}, \quad (1)$$

де  $m_1$  – початкова маса металевої пластини до випробування, г;  $m_2$  – маса металевої пластини після випробування та видалення продуктів корозії, г;  $S$  – площа поверхні металевої пластини, що знаходилася у контакті з агресивним середовищем, м<sup>2</sup>;  $\tau$  – час проведення дослідження, год.

Для визначення корозійної дії вогнезахищеної деревини на кольорові метали було взято за основу методику п.5.12 ГОСТ 30219 [5] для чорних металів. Замість сталевих пластин використовували пластини з кольорових металів.

Визначення корозійної дії на пластини з кольорових металів вогнезахищеної деревини проводять методом визначення питомої швидкості втрати маси пластин в разі їх накладання на висушені, попередньо просочені захисними засобами зразки деревини (рис.1). До кож-

ного зразка на бокову поверхню розміром 150х60 мм приєднують по дві пластини, та щільно притискаються за допомогою гумових кілець.

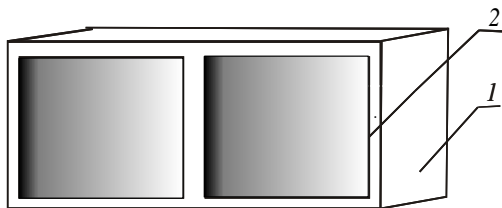


Рис. 1 – Схематичне зображення методу корозійного випробування, що проводять шляхом накладання пластин на вогнезахищені дерев'яні зразки:  
1 – дерев'яний зразок; 2 – металева пластина.

Підготовлені зразки поміщують в ексикатори з відносною вологістю повітря 100%. Ексикатори зі зразками витримують за кімнатної температури протягом 30 діб.

Після закінчення цього терміну металеві пластини відділяють від дерев'яних зразків і видаляють продукти корозії, промивають водою, висушують та зважують.

Після закінчення випробувань про корозійну дію вогнезахищеної деревини на метал судять за швидкістю втрати маси пластини. Швидкість втрати маси розраховують за формулою (1).

У ході досліджень було встановлено, що методика визначення корозійної дії вогнезахищеної деревини на металеві пластини не дуже точна, тому що корозія поверхні, яка знаходиться у контакті з поверхнею вогнезахищеної деревини може бути не рівномірною, що ускладнює визначення площі поверхні. На поверхні пластини, що не контактує з деревиною, також може відбуватися атмосферна корозія, яка буде впливати на розрахунок корозійної втрати маси.

Найпростішим і надійним є метод визначення корозійної стійкості матеріалів за зміною маси зразка шляхом занурення у розчин вогнезахисної речовини, або одного з його компонентів, що безпосередньо показує на кількість металу, що руйнується корозією. Використовують цей метод здебільшого у випадках, коли корозія носить рівномірний характер. Корозійні дослідження проводять на спеціальних зразках, які закріплюють у вибраному середовищі так, щоб зручно було вести спостереження.

Суть методу полягає у визначенні середньої швидкості втрати маси з одиниці площі пластин під час їх експонування у розчині вогнезахисного засобу. Перед проведенням випробування пластини знежирують, висушують та зважують (ГОСТ 30219 [5]).

Пластины підвішують за допомогою гачків в ексикаторі, наливають розчин вогнезахисного засобу, або його компоненту і герметично закривають (рис.2).

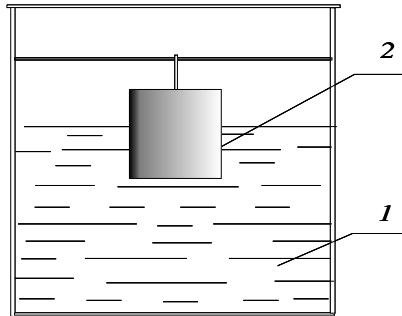


Рис. 2 – Схематичне зображення методу корозійного випробування, що проводять шляхом експонування пластин у розчині вогнезахисного засобу:  
1 – розчин вогнезахисного засобу; 2 – металева пластина.

У розчині вогнезахисного засобу пластинки витримують протягом певного часу. Термін проведення випробування визначається в залежності від видимого ефекту впливу корозійного середовища на пластину (тобто агресивності середовища). Після закінчення випробування визначають корозійні втрати маси зразка та питому швидкість втрати маси металевих пластин за формулою (1).

Дослідження корозійної дії вогнезахисних просочувальних засобів для деревини на кольорові метали проводили обома вищенаведеними методами. Підготовлені металеві пластини (мідь, оцинкована жерсть, алюміній) занурювали у розчини вогнезахисних засобів та їх окремі компоненти: МС ( $\text{pH}=7,8$ ;  $\rho=1,09 \text{ кг/м}^3$ ), БС ( $\text{pH}=9,93$ ;  $\rho=1,15 \text{ кг/м}^3$ ), ББ ( $\text{pH}=7,6$ ;  $\rho=1,06 \text{ кг/м}^3$ ), сульфат амонію ( $\text{pH}=5,7$ ;  $\rho=1,06 \text{ кг/м}^3$ ), діамонійфосфат ( $\text{pH}=8,25$ ;  $\rho=1,12 \text{ кг/м}^3$ ).

Паралельно проводили дослідження з визначення корозійної дії вогнезахисних засобів та їх компонентів, якими просочена деревина, на кольорові метали.

Результати визначення корозійної дії вогнезахисних засобів для деревини і їх компонентів, які нанесено на деревину, на кольорові метали наведено в табл.1.

Як видно з цієї таблиці, найбільшу корозійну дію на кольорові метали виявляє деревина вогнезахиснена поліфосфатами амонію та просочувальним засобом МС, яка перевищує для міді нормоване значення (ГОСТ 30219). Додаткове оброблення поверхні деревини полі-

мерним антисептиком в декілька разів зменшує проникність компонентів антипірену і утворенні аерогелей, які визначають корозію. Майже не виявляють агресивної дії на кольорові метали деревина вогнезахисчена складом ББ та БС, тому що проходить інтенсивна пасивація поверхні контакту з утворенням стійкої оксидної плівки.

Таблиця 1 – Результати визначення корозійної дії вогнезахисненої деревини і компонентів вогнезахисних засобів на кольорові метали

Вогнезахисна композиція, або її компонент	Середня питома швидкість втрати маси металевої пластини, г/м <sup>2</sup> ·год		
	мідь	оцинкована жерсть	алюміній
МС	0,146	0,034	0,0025
ДСА - 1	0,023	0,024	корозію не зафіксовано
БС	0,0033	корозію не зафіксовано	корозію не зафіксовано
ББ	0,0004	корозію не зафіксовано	корозію не зафіксовано
Поліфосфати амонію	0,176	0,04	0,004
ДСА - 2	0,020	0,021	корозію не зафіксовано

Результати визначення корозійної дії розчинів вогнезахисних просочувальних засобів для деревини та їх компонентів на кольорові метали наведено на рис.3-7.

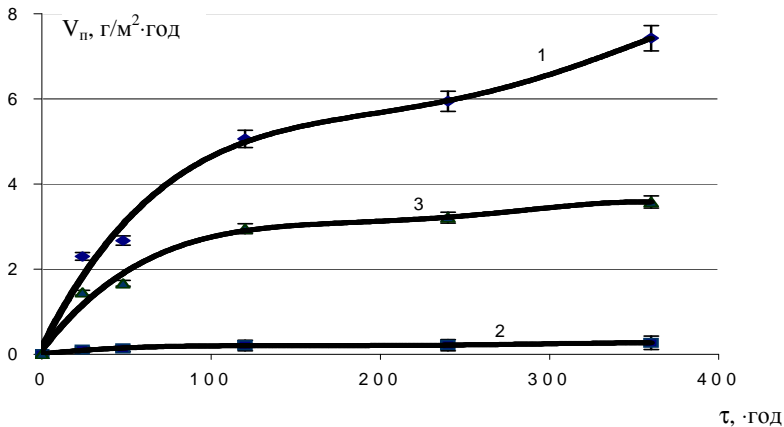


Рис.3 – Залежність питомої швидкості втрати маси від часу експозиції мідних пластин у розчинах:  
1 – 20 % мас.  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ; 2 – 10 % мас.  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ; 3 – вогнезахисна суміш МС.

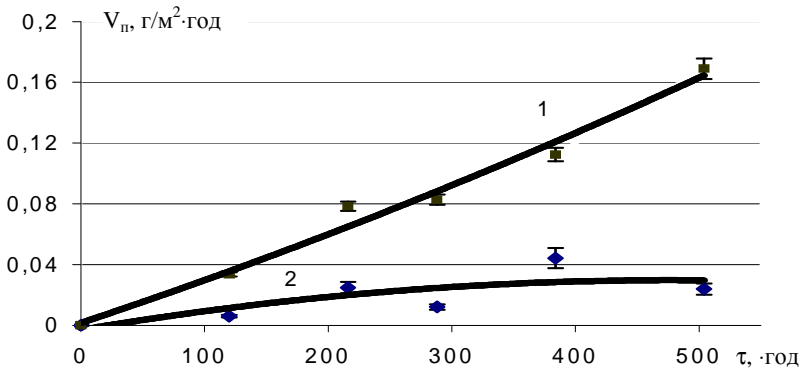


Рис. 4 – Залежність питомої швидкості втрати маси від часу експозиції мідних пластин у розчинах:  
1 – вогнезахисна суміш БС; 2 – вогнезахисна суміш ББ.

Як видно, швидкість втрати маси мідних пластин у розчинах вогнезахисної суміші МС та її компонентах носить різний характер, а саме діамонійфосфат в порівнянні з сульфатом амонію та самою вогнезахисною сумішню виявляє найбільшу агресивність (рис.3). Натомість вогнезахисні суміші БС і ББ набагато менше проявляють свою корозійну активність на мідь (рис.4) відносно суміші МС та її компонентів.

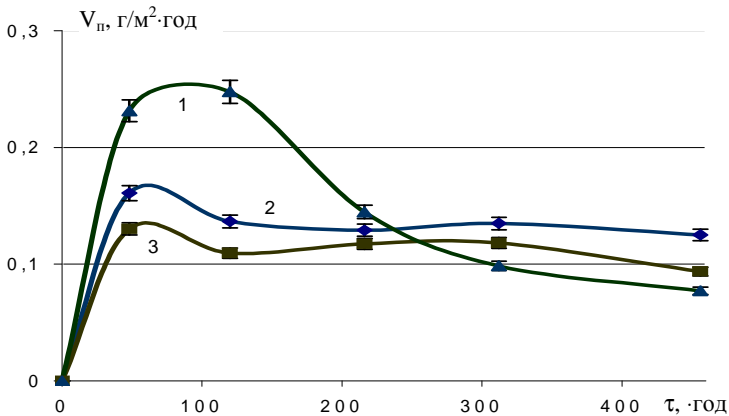


Рис. 5 – Залежність питомої швидкості втрати маси від часу експозиції сталених оцинкованих пластин у розчинах:  
1 – вогнезахисна суміш МС; 2 – вогнезахисна суміш БС; 3 – вогнезахисна суміш ББ.

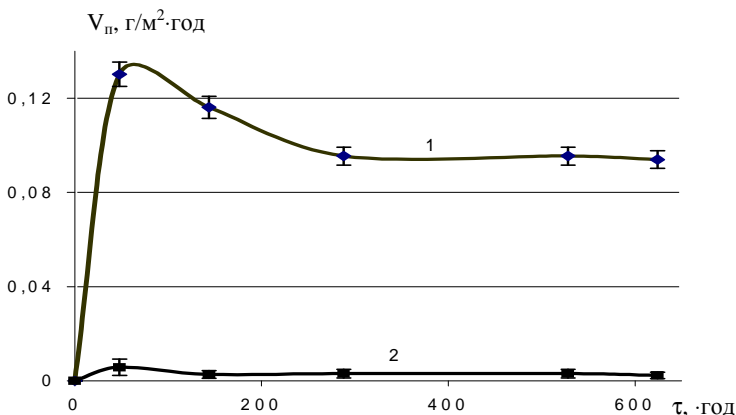


Рис.6 – Залежність питомої швидкості втрати маси від часу експозиції алюмінієвих пластин у розчинах: 1 – вогнезахисна суміш МС; 2 – вогнезахисна суміш ББ.

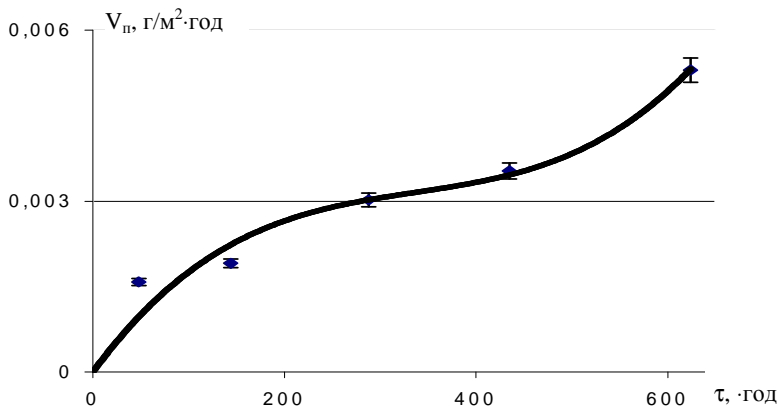


Рис. 7 – Залежність приросту маси від часу експозиції алюмінієвих пластин у розчині вогнезахисної суміші ББ

Інший характер швидкості втрати маси проявляють розчини вогнезахисних сумішей на оцинковану жерсть (рис.5). Так, протягом 60-70 годин спостерігається інтенсивна корозія, в результаті якої на поверхні металеві пластини утворюється оксидна плівка, що в наступному і зменшує корозійну активність.

Аналогічний вплив на швидкість втрати маси алюмінієвої пластини проявляють вогнезахисні суміші МС і ББ (рис.6). Вогнезахисна



суміш БС на алюмінієвій пластині (рис.7) утворює хімічно стійку оксидну плівку, яку важко видалити.

Слід зазначити, що в ході проведення досліджень була зафіксована корозія металевих пластин (мідь, оцинкована жерсть) над поверхнею розчину вогнезахисної суміші БС.

На підставі виконаних досліджень були розроблені і відпрацьовані методики визначення корозійної дії на кольорові метали вогнезахисної деревини, а також розчинів неорганічних солей, які входять в склад вогнезахисних просочувальних засобів, та самих вогнебіозахисних засобів.

Аналіз результатів досліджень, наданих в табл.1 і на рис.3-7, свідчить, що поліфосфатати амонію та вогнезахисна суміш МС проявляють найбільшу корозійну агресивність в порівнянні з вогнегасними композиціями ДСА-1, ББ і БС. Тому необхідно під час експлуатації вогнезахисної деревини враховувати її контакт з металами та сплавами в тому числі кольоровими і запобігати їх руйнуванню.

Наявність полімерної плівки на деревині, обробленої вогнезахисною композицією ДСА-1, стає бар'єром для виходу антипіренів з деревини, в порівнянні з поліфосфатами амонію та вогнезахисною сумішшю МС. Звідки видно, що плівка антисептика впливає і на термін зберігання ефективності вогнебіозахисту деревини у часі. Можна прогнозувати, що із збільшенням товщини полімерної плівки буде збільшуватись термін ефективного захисту деревини і запобігання руйнуванню металів.

Таким чином, захисні просочувальні засоби для деревини повинні ефективно забезпечувати вогнебіозахист протягом тривалого часу, бути безпечними для оточуючого середовища і людей, а також забезпечувати якісну експлуатацію конструкцій при їх використанні. На вирішення цих завдань і будуть спрямовані подальші дослідження.

1.ДБН В.1.1-7-2002 Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003.

2.ГОСТ 16363-98 Межгосударственный стандарт. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств. – К.: Изд-во стандартов, 2000.

3.Борисов П., Жартовский В., Харченко И. Направления совершенствования огнезащитной пропитки древесины // Бюллетень пожарной безопасности. Научно-технические проблемы та рішення. Вип. 3. – К.: Пожінформтехніка, 2000. – С. 21-23.

4.Тичино Н.А. Особенности практического применения огне- и биозащитных средств для пропитки древесины // Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Вып.6. – М.: ВНИИПО, 2002. – С. 38-43.

5.ГОСТ 30219-95 Межгосударственный стандарт. Древесина огнезащитная. Общие технические требования. Методы испытаний. Транспортирование и хранение. – К.: Госстандарт Украины, 1997.

6.Білошицький М.В., Бут В.П., Цапко Ю.В., Слущька О.М., Гудович О.Д. Проб-

лемні питання щодо нормативної бази з визначення показників якості вогнебіозахисних засобів для деревини та розробки їх рецептур // Науковий вісник УкрНДІПБ. – К.: УкрНДІПБ, 2003. – №1 (8). – С. 41-45.

7.Справочник по коррозии: Пер. с болг. / Пер. С.И.Нейковского; Под ред. и с предисл. Н.И.Исаева. – М.: Мир, 1982. – 520 с.

*Отримано 28.06.2004*

УДК 614.84 : 628.174

В.П.ОЛЬШАНСКИЙ, д-р физ.-матем. наук  
*Академия гражданкой защиты Украины, г.Харьков*

### **О ВЫБОРЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ПРИ РАСЧЕТЕ ТРАЕКТОРИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПОЖАРНОЙ СТРУИ**

Приводятся рекомендации к выбору величины коэффициента пропорциональности в линейной зависимости силы сопротивления воздуха от скорости потока жидкости. Построены графики и таблицы значений коэффициента для расчета траекторий струй, создаваемых ручными пожарными стволами.

Для повышения эффективности использования гидравлических струй при тушении пожаров во многих публикациях рассматривалась баллистика частиц жидкости. Для описания стационарных течений в работах [1-8] применялись уравнения движения материальной точки, составленные в предположении, что сила сопротивления воздуха пропорциональна первой степени скорости потока жидкости. Расчетные параметры траектории оказались сильно зависящими от значения коэффициента сопротивления. Установлено, что при надлежащем его выборе удастся достичь удовлетворительного согласования теории с экспериментом по дальнобойности струи [5]. Однако остается неясным, как связана величина коэффициента сопротивления с диаметром spryska ствола  $D_0$ , эффективным напором  $H$ , а также другими параметрами истечения струи. Именно эта информация необходима, чтобы приспособить общие аналитические решения уравнений движения материальной точки к расчету траекторий струй, создаваемых пожарными стволами.

Некоторые сведения о значениях коэффициента сопротивления имеются в работах [5, 7]. Они получены путем идентификации из условия наилучшего приближения теоретических результатов к экспериментальным. Но такая методология делает зависящей теорию от наличия экспериментов, что существенно сужает ее возможности. Поэтому нужна дальнейшая разработка способов определения коэффициента сопротивления.